



## ENTWICKLUNG VON HOCH-ENERGIE-ELEKTRODEN FÜR LITHIUM-IONEN-BIPOLAR-BATTERIEN

Dr. Mareike Wolter, Dr. Marco Fritsch, Dipl.-Ing. Stefan Börner, Dr. Kristian Nikolowski

Gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung arbeitet das Fraunhofer IKTS seit einigen Jahren an der Entwicklung großflächiger Bipolarbatterien – dem EMBATT-Konzept. Dabei stehen neben der Materialentwicklung gezielte Prozessentwicklungen im Vordergrund, um die fertigungsseitigen Herausforderungen zu adressieren.

Perspektivisch ermöglicht der bipolare Aufbau von Lithium-Ionen-Fahrzeuggeladen eine signifikante Reduzierung der Systemkomplexität und dadurch eine erhöhte Energiedichte und Reichweite von Elektrofahrzeugen. Die Optimierung der Energiedichte beginnt aber bereits bei der Elektrode. Hier ist es wichtig, eine hohe Flächenbeladung mit Aktivmaterial zu erzielen, um den Anteil des Speichermaterials zu steigern. Dabei müssen jedoch die mechanische Verarbeitbarkeit und die notwendige Flexibilität der Elektrodenfolie erhalten bleiben.

Aktuell wurden insbesondere dicke, mit wasserbasierten Prozessen hergestellte Elektroden auf Lithiumtitanat-Basis (LTO), sowie Bipolarelektroden LTO/LFP entwickelt und charakterisiert. Dabei konnte gezeigt werden, dass bereits die ersten der hergestellten LTO-Elektroden bei Entladeraten bis ca. 1 C ein sehr stabiles Verhalten zeigen und die für LTO erwartete spezifische Kapazität (> 150 mAh/g) erreichen. Zur genaueren Untersuchung der Ratenfähigkeit wurden zusätzliche Versuche durchgeführt und dabei Elektroden bis 102 µm Schichtdicke (kalandriert) betrachtet.

Die spezifischen Herausforderungen der wasserbasierten Herstellung von LTO-Elektroden resultieren vor allem daraus, dass die wässrigen LTO-Schlicker einen hohen pH-Wert von 11,2–11,8

aufweisen. Es konnte gezeigt werden, dass die Einstellung des basischen pH-Werts eine intrinsische Eigenschaft des Aktivmaterials ist und nicht nur auf das Vorhandensein von Syntheseverunreinigungen zurückzuführen ist. Der hohe pH-Wert stellt nicht nur hohe Anforderungen an die Stabilität der Binderkomponenten für die wässrigen LTO-Anoden, er führt außerdem zur Korrosion der Aluminium-Ableiterfolie während des Beschichtungsvorgangs. Besonders pH-Werte oberhalb von 8,5 haben die Bildung von Aluminiumhydroxid und Wasserstoff ( $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\uparrow$ ) zur Folge. In den ersten wässrigen LTO-Gießversuchen war daher eine deutliche Poren- und Rissbildung sowie Aluminium-Lochkorrosion während der Schichttrocknung festzustellen. In der Folge wurde der Mischprozess derart angepasst, dass die LTO-Schlickeraufbereitung vollständig in dem für LTO natürlichen pH-Bereich von ca. 11 erfolgte und erst kurz vor dem Gießvorgang der pH-Wert des Schlickers in den neutralen Bereich verschoben wurde. Auf diese Weise konnten im Folgenden stabile Elektroden mit den beschriebenen elektrochemischen Eigenschaften realisiert werden.

Dieser Prozess wurde inzwischen in den Pilotmaßstab (Applikationszentrum Batterietechnologie PleiBa) überführt. In Kombination mit den dort bereits etablierten wässrigen Lithium-Eisen-Phosphat-Elektroden (LFP) bilden die LTO-Anoden die ersten im Technikumsmaßstab hergestellten Bipolarelektroden für die weitere Entwicklung der EMBATT-Bipolarbatterie.



- 1 Herstellung LTO/LFP-Bipolarelektrode im Technikumsmaßstab.
- 2 LTO-Elektrode, 138 µm Schichtdicke (unkalandriert).